

CLIPPEDIMAGE= JP02000152564A

PAT-NO: JP02000152564A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000152564 A

TITLE: BEARING CURRENT REDUCER OF DYNAMO-ELECTRIC MACHINE

PUBN-DATE: May 30, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKUMURA, YASUYUKI

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

MATSUSHITA SEIKO CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10317390

APPL-DATE: November 9, 1998

INT-CL (IPC): H02K011/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a bearing current by arranging rotating annulus rings and fixed annulus rings alternately in noncontact positions so that they may generate capacitance.

SOLUTION: Rotating annulus rings 1 and 2 and fixed annulus rings 3 and 4 are arranged alternately a distance d apart so that they may be not in contact to generate capacitance between the adjacent fixed annulus rings and rotating annulus rings. Moreover, the bearing device 125 of a rotor shaft 152 consists of a bearing bracket 140 and a shield ball bearing 141 joined with this, and the bearing bracket 140 is attached to a frame 143 through a bolt 144. Then, the capacity of air gap between the rotor and the stator becomes the

capacitance where the composite capacitance made between all rotating annulus rings and fixed annulus rings and the air gap capacity made only between the stator 120 of an inducer 112 and the rotor 122 are composed. Hereby, the air gap capacity between the stator and the rotor can be set large, and the bearing current can be reduced.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-152564  
(P2000-152564A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl.  
H 0 2 K 11/00

識別記号

F I  
H 0 2 K 11/00

テマコード (参考)  
L 5 H 6 1 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-317390

(22) 出願日 平成10年11月9日 (1998.11.9)

(71) 出願人 000006242

松下精工株式会社

大阪府大阪市城東区今福西6丁目2番61号

(72) 発明者 奥村 康之

大阪府大阪市城東区今福西6丁目2番61号

松下精工株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

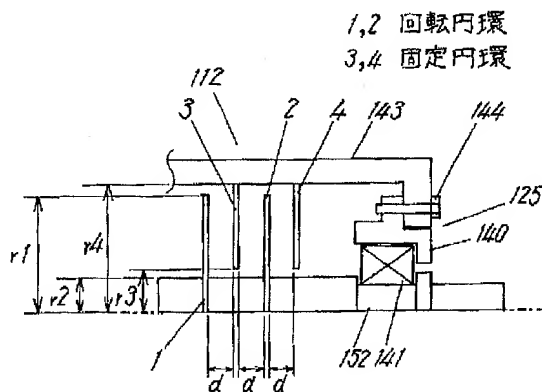
Fターム (参考) 5H611 AA03 BB01 BB05 PP03 UA05

(54) 【発明の名称】 回転機のベアリング電流低減装置

(57) 【要約】

【課題】 インバータに駆動される誘導機に発生するベアリング電流を低減させて軸受部の摩耗、回転軸の損傷、破壊を防止し、かつ、長時間使用しても保守する必要がない回転機のベアリング電流低減装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 回転子軸に固定した回転円環を、フレームに固定した固定円環と静電容量を形成するように非接触で接近した位置に配置させ、固定子と回転子との間のエアギャップ容量を十分大きく設定すれば、軸電圧を振動させずに単調に増加させつつ直流成分に収束させることができ、さらに、軸電圧の収束値となる直流成分も減少するので、放電直前の軸電圧を抑圧して軸電圧の放電現象として発生するベアリング電流を低減することができる。また、回転円板と固定円環を非接触で配置しているので、長時間使用しても保守する必要がない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転機のベアリング電流を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った1枚以上の回転円環と、回転子軸に対して垂直方向にフレームに取り付けられ回転子軸の半径よりも大きな半径を持つ円板部分を切り取った1枚以上の固定円環とを備え、前記回転円環と前記固定円環とは、静電容量を生ずるように非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置。

【請求項2】 回転機のベアリング電流を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った1枚以上の回転円環と、回転子軸に対して同心円状にフレームに取り付けられ回転子軸の半径よりも大きな半径を持つ円柱部分を切り取った1柱以上の固定中空円柱とを備え、前記回転円環と前記固定中空円柱は、静電容量を生ずるように非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置。

【請求項3】 回転機のベアリング電流を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った1枚以上の回転円環と、内輪部を回転子軸に取付けた1個以上の軸受装置と、回転子軸に対して垂直方向に前記軸受装置の外輪部に取り付けられ前記軸受装置の外輪部と同じ大きさの円板部分を切り取った前記軸受と同数の固定円環とを備え、前記固定円環は隣接する固定円環間を導線を介して接続し、固定円環の1つは導線を介して回転機フレームに固定し、前記回転円環と前記固定円環は、静電容量を生ずるように非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置。

【請求項4】 回転機のベアリング電流を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った回転支持円環と、回転子軸に対して同心円状に前記回転支持円環に取り付けた半径の異なる1個以上の回転円筒と、回転子軸に対して垂直方向に回転機フレームに取り付けられ回転子軸の半径よりも大きな半径を持つ円板部分を切り取った固定支持円環と、回転子軸に対して同心円状に前記固定支持円環に取り付けた半径の異なる1個以上の固定円筒を備え、前記固定円筒と前記回転円筒間は、静電容量を生ずるように非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、誘導機の軸受部に流れるベアリング電流を低減する回転機のベアリング電流低減装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、誘動機を始めとする回転機を回転数制御する方法としてインバータ等の電力変換機によって駆動するのが一般的となってきた。インバータ駆動の方式として電圧形PWMインバータが最も良く知られている。この種のインバータ駆動方式では、変調正弦波信号の振幅に比例したパルス幅の一定キャリア周期を持つ矩形波状の電圧パルス列を誘導機に印加して、誘導機の固定子巻き線に流れる電流を変調正弦波信号の周波数に等しい正弦波が流れるようにして誘導機を駆動する。

【0003】 さて、最近の高速電力用半導体素子の発展に伴って、電圧形PWMインバータのキャリア周波数の高周波化が進み、インバータのスイッチング時に生じる急峻な電圧変化に起因して発生する誘導機のベアリング電流による軸受部の不具合が指摘されている。このベアリング電流には、例えば、「PWMインバータによって発生する誘導電動機のベアリング電流」(ショータン・チェン、アイイーイーイー・トランザクション・オン・エナジーコンバージョン、11号1巻ナンバー1、1996年3月) (Analysis of Induction Motor Bearing Currents Caused by PWM Inverters, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 11, No. 1, March 1996) に紹介されているように、振幅が最も大きく頻繁に発生する放電モードのベアリング電流がある。この種のベアリング電流は、インバータから誘導機の巻き線に供給される立ち上がりの急峻な共通モード電圧が、誘導機の巻き線と固定子間の結合容量、巻き線と回転子間の結合容量および固定子と回転子間のエアギャップ容量によって構成される閉じた回路系に印加されたときに発生する応答電圧として、固定子と回転子間の静電容量に蓄積された軸電圧の放電現象として発生するものである。固定子と回転子間の静電容量に蓄積された軸電圧が、軸受部の油膜を絶縁破壊させて軸受部を導通状態にさせ、軸受部を介して静電容量に蓄積された軸電圧を放電させるとき流れる放電電流が放電モードのベアリング電流である。

【0004】 図7は従来のPWMインバータに駆動された誘導機の原理的回路図を示し、図8は従来のPWMインバータに駆動された誘導機の各部の波形を説明する説明図である。図7、図8を併用して、PWMインバータが誘導機巻き線系に共通モード電圧を供給する共通モード電圧の発生メカニズムを説明する。

【0005】 図7において、インバータ101はスイッチング素子102～107および直流電源108から成り、インバータ101のR相、S相およびT相出力端子109～111は誘導機112の固定子巻き線113のR相、S相およびT相タップ114～116にそれぞれ結線されている。誘導機112のフレームグランド端子117は、インバータ101のフレームグランド端子118に接続され、さらに、フレームグランド端子118

は大地にアース接続されている。

【0006】図8の(a), (b), (c)はキャリア波信号Vcと各相のインバータ指令値UR, US, UTとの比較により、インバータ101におけるON-OFF制御信号の形成を説明するものである。図8において、横軸を時間軸にとり、図8の(a), (b),

(c)の太線で図示された正弦波がインバータ101のR, S, T各相のインバータ指令値(UR, US, UT)を示す。同図上に三角波状の細線で示された波形がキャリア波信号Vcである。キャリア波信号Vcがインバータ指令値UR, US, UTよりも低いときは、該当するスイッチング素子102~104側が導通し、スイッチング素子105~107側が非導通となる。逆に、キャリア波信号Vcがインバータ指令値UR, US, UTよりも高いときは、該当するスイッチング素子102~104側が非導通となり、スイッチング素子105~107側が導通となる。

【0007】図8の(d), (e), (f)は図7に図示されるスイッチング素子のアーム対(102, 105), (103, 106), (104, 107)の中間点と大地との間に形成される電圧VR, VS, VTを示す。説明の簡略化のため図8の(a), (d)でR相における関係について説明する。キャリア波電圧VCがインバータ指令値URより高いときは、スイッチング素子105が導通しアーム対(102, 105)と大地間の電圧VRは零となる。尚、Edは直流電源108の両端の電圧値である。次に、キャリア波電圧VCがインバータ指令値URより低いときは、スイッチング素子102が導通しアーム対(102, 105)と大地間の電圧VRは+Edとなる。

【0008】図8の(g)は巻き線113に印加されるコモンモード電圧の関係を示す。巻き線113の中性点119の大地を基準とする電位、すなわち、中性点電位VNOは、通常、上述の電圧VR, VS, VTの平均電圧(数1)となる。

【0009】

【数1】

$$VNO = (VR + VS + VT) / 3$$

【0010】ゆえに、中性点電位VNOには、上述の電圧VR, VS, VT三相分を重ね合わせたコモンモードの電圧が発生している。すなわち、中性点電位VNOにはPWMスイッチングパターン3相分を重ね合わせた波形が発生することになる。

【0011】図9は、従来のインバータ駆動された誘導機のコモンモード等価回路図である。図に示すように、誘導機112には、巻き線113と固定子120との間に結合容量121が存在し、また、巻き線113と回転子122との間にも結合容量123が存在している。さらに、固定子120と回転子122との間にはエアギャップ容量124が存在している。ここでは、誘導機が

適当な回転数で回転して軸受装置125が流体潤滑モードとなっている場合について考える。この場合、軸受装置125は非導通状態となるが、巻き線113、結合容量121、結合容量123、および、エアギャップ容量124によって図示するような閉じた回路系126が構成される。インバータ101から巻き線113と固定子120との間にコモンモード電圧ei(t)が印加されると、閉じた回路系126を介してエアギャップ容量124の両端に軸電圧vrs(t)が発生する。すなわち、インバータ101が供給するコモンモード電圧ei(t)に対する閉じた回路系126の応答電圧として軸電圧vrs(t)が発生する。

【0012】図10は、従来のインバータ駆動された誘導機の簡略化コモンモード等価回路図である。図に示すように、巻き線113は、抵抗127とインダクタンス128の直列回路に置き換えられている。巻き線113と固定子120との間の結合容量121は結合容量129, 130に、巻き線113と回転子122との間の結合容量123は結合容量131, 132に簡略化されている。固定子120と回転子122との間のエアギャップ容量124は、前述した巻き線113の抵抗127とインダクタンス128と結合容量129~132とで閉じた回路系126を構成するように接続されている。コモンモード電圧ei(t)が結合容量129の両端に印加されると、閉じた回路系126を経てエアギャップ容量124の両端に軸電圧vrs(t)が発生する。すなわち、インバータが供給するコモンモード電圧に対する閉じた回路系126の応答電圧として軸電圧が発生する。同図で図示するように、抵抗133、インダクタンス134、およびスイッチ135は、軸受装置125の等価回路を示すものである。誘導機112が停止または低速で回転しているとき、軸受装置125は境界潤滑状態となりスイッチ135は常に導通状態となり、エアギャップ容量124には軸電圧は発生しない。誘導機112が適当な回転数で回転しているとき、軸受装置125は流体潤滑となりスイッチ135は普段は非導通状態となるが、ときどき導通状態となる。ゆえに、軸受装置125が流体潤滑となる場合では、軸受装置125が非導通状態のとき、前述した理由からエアギャップ容量124に軸電圧が蓄積されるが、ときどき、軸受装置125が導通状態となると、エアギャップ容量124に蓄積された軸電圧は、抵抗133、インダクタンス134およびスイッチ135を経て放電する。このとき、抵抗133、インダクタンス134、およびエアギャップ容量124より成る直列共振回路が構成されるが、エアギャップ容量124に充電された軸電圧がこの直列共振回路を経て流れる放電電流が放電モードのベアリング電流となる。

【0013】図11は、コンピュータシミュレーションを使って計算させた軸電圧の波形と、実際に測定した軸

電圧の波形を比較したタイムチャートである。

【0014】図11の(b)は、図10に示す簡略化コモンモード等価回路に適當な回路常数を設定し、図11の(a)で示す振幅 $E_d/3$ の階段状波形をコモンモード電圧とした場合において、コンピュータシミュレーションを使って、エアーギャップ容量124の両端に応答電圧として発生する軸電圧を計算させた波形を示す。図11の(c)は、軸受装置125が常に非導通状態となる場合において、実際に測定した軸電圧の波形を示す。図を見て明かなように、コンピュータシミュレーションにより計算した軸電圧(b)は、実際に測定した軸電圧(c)とほとんど同等であり、簡易化コモンモード等価回路に基づきコンピュータシミュレーションを使って計算した軸電圧波形が、実際の誘導機で測定される軸電圧波形を良く再現していることがわかる。

【0015】図11の簡易型コモンモード等価回路において、コモンモード電圧 $e_i(t)$ に対する、軸電圧 $v_{rs}(t)$ の応答を現す閉じた回路系126の伝達関数を $G(S)$ とすると、伝達関数 $G(S)$ は定義から以下の(数2)で示す式となる。

【0016】

【数2】

$$G(S) = \frac{V_{rs}(S)}{E_i(S)}$$

$$\zeta = \frac{R_1}{2} \sqrt{\frac{(C_3+C_{20}) \cdot (C_{11}+C_{21}) + C_{11}C_{21}}{L_1(C_3+C_{20}+C_{21})}}$$

【0022】

$$\omega_n = \sqrt{\frac{(C_3+C_{20}+C_{21})}{L_1 \{ (C_3+C_{20}) \cdot (C_{11}+C_{21}) + C_{11}C_{21} \}}}$$

【0023】

【数6】

$$\alpha = \frac{C_{20}}{C_3+C_{20}+C_{11}C_{21}/(C_{11}+C_{21})}$$

【0024】

【数7】

$$A = \frac{C_{20}+C_{21}}{L_1 C_{20} (C_{11}+C_{21})}$$

【0025】インバータより振幅 $E_d/3$ の階段状波形★40

$$V_{rs}(S) = \frac{\alpha E_d}{3S} + \frac{\alpha E_d \cdot (A/\omega_n^2 - 1)}{3S} - \frac{\omega_n^2}{(S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2)}$$

【0029】(数9)の第1項は直流成分で、第2項は2次遅れ要素だから、減衰係数 $\zeta$ の値が(数10)となるとき

【0030】

【数10】

$$\zeta < 1$$

\*【0017】ただし、 $V_{rs}(S)$ 、 $E_i(S)$ は、それぞれ、 $v_{rs}(t)$ 、 $e_i(t)$ のラプラス変換式である。

【0018】図10の簡易型コモンモード等価回路において、 $R_1$ は抵抗127の抵抗、 $L_1$ はインダクタンス128のインダクタンス、 $C_{10}$ は結合容量129の静電容量、 $C_{11}$ は結合容量130の静電容量、 $C_{20}$ は結合容量131の静電容量、 $C_{21}$ は結合容量132の静電容量、 $C_3$ はエアーギャップ容量124の静電容量とて回路方程式をたてた後、伝達関数 $G(S)$ について解くと、伝達関数 $G(S)$ は以下の(数3)で示す式となる。

【0019】

【数3】

$$G(s) = \frac{\alpha \cdot (S^2 + 2\zeta\omega_n S + A)}{(S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2)}$$

【0020】ここで $\zeta$ は減衰係数、 $\omega_n$ は角周波数、 $\alpha$ は係数、 $A$ は係数で、それぞれ(数4)、(数5)、(数6)、(数7)で示す式のことである。

20 【0021】

【数4】

★が誘導機に印加された場合、すなわち、コモンモード電圧 $E_i(S)$ を(数8)としたとき

【0026】

【数8】

$$E_i(S) = E_d/3S$$

【0027】応答電圧として発生する軸電圧 $V_{rs}(S)$ は(数3)および(数8)より(数9)となる。

【0028】

☆【0031】軸電圧 $V_{rs}(S)$ は振動しつつ直流成分 $V_{rs0}$ に収束する。減衰係数 $\zeta$ の値が(数11)となるとき

【0032】

【数11】

$$\zeta \geq 1$$

☆50 【0033】軸電圧 $V_{rs}(S)$ は非振動となり直流成分

7  
Vrs0に収束する。ここで、直流成分Vrs0は(数12)に示す式のことである。

【0034】

【数12】

$$Vrs0 = \alpha E d A / \omega n^2$$

【0035】ここで、(数12)に(数5)、(数6)、(数7)を代入すると(数13)となる。

【0036】

【数13】

$$Vrs0 = \frac{E d (C20 + C21)}{C3 + C20 + C21}$$

【0037】図12は、従来のインバータ駆動された誘導機において、減衰係数 $\alpha$ の値の選び方によって変化する軸電圧の波形を説明した説明図である。

【0038】図12の(a)で示すような振幅Ed/3の階段状波形がコモンモード電圧ei(At)として印加された場合、閉じた回路系126の応答電圧として発生する軸電圧Vrs(t)は、2次遅れ要素のインデシャル応答としての挙動を示す。すなわち、減衰係数 $\alpha$ が(数11)で示す範囲内にある場合、2次遅れ要素は過制動または臨界制動となるから、図12の(b)で図示するように、軸電圧Vrs(t)は非振動となり直流成分Vrs0に収束する。次に、減衰係数 $\alpha$ が(数10)で示す範囲内にある場合、2次遅れ要素は不足制動となるから、図12の(c)で図示するように、軸電圧Vrs(t)は振動しつつ直流成分Vrs0に収束する。この場合、減衰係数 $\alpha$ が1と比較して小さくなればなるほど振動の程度も激しくなる。通常の誘導機では、減衰係数 $\alpha$ は(数10)の範囲内となり、軸電圧は振動しつつ直流成分Vrs0に収束する。

【0039】図13は、従来のインバータ駆動された誘導機について、最も大きなベアリング電流が発生する瞬間におけるコモンモード電圧、軸電圧およびベアリング電流を説明した説明図である。

【0040】図13の(a)で示すような振幅Ed/3の階段状波形がコモンモード電圧ei(t)として誘導機に印加された場合、図12の(c)で説明したのと同様に、軸電圧Vrs(t)は図13の(b)で図示するように、大きく振動しつつ直流成分Vrs0(測定結果からVrs0=5V)に収束する。軸電圧Vrs(t)が最大ピーク電圧Vrsmax(測定結果からVrsmax=42V)となる付近で軸受装置125が導通すると、エアギャップ容量124に充電された軸電圧は図10の軸受装置125の抵抗133、インダクタンス134、およびスイッチ135を経て放電する。このとき抵抗133、インダクタンス134およびエアギャップ容量124より成る直列共振回路が構成され、エアギャップ容量に充電された軸電圧がこの直列共振回路を経て放電するとき流れる電流がベアリング電流となる。

ベアリング電流ib(t)は、図13の(c)で図示したような減衰振動波となるが、ベアリング電流の最大ピーク電流Ibmax(測定結果からIbmax=520mA)は放電直前のエアギャップ容量124に充電された軸電圧に比例する。すなわち、放電直前にエアギャップ容量124に充電される軸電圧が大きいほど大きなベアリング電流が得られる。ゆえに、軸電圧Vrs(t)が最大ピーク電圧Vrsmaxとなる付近で軸受装置125が導通すると、放電直前でエアギャップ容量に蓄積される軸電圧も最大となるので、このとき最も大きなベアリング電流が発生する。

【0041】以上で述べたように、PWMインバータに駆動された通常の誘導機では、軸電圧が大きく振動し、軸電圧が最大ピーク電圧Vrsmaxとなる付近で軸受装置が導通すると軸電圧の放電現象として発生するベアリング電流は最も大きな振幅となり、軸受の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化を招き、場合によっては軸受を損傷または破壊することがある。従って、このような障害が発生しないように、回転機にベアリング電流低減装置が用いられている。通常、このベアリング電流低減装置としては、軸受部を絶縁する方法と回転軸を接地する方法があるが、軸受部を絶縁する方法は、構造が複雑になり、組立工程に細心の注意を要し、工数が多くかかり、かつ回転機によっては機械的構造上軸受部の絶縁ができないものもあるので、通常は軸受部を絶縁するよりは簡単で、実施しやすい回転軸を接地する方法が用いられている。

【0042】従来、この種のベアリング電流を低減するベアリング電流低減装置は、特開昭58-78770号公報、特開昭54-8801号公報、実開昭63-124057号公報、および実開昭58-78769号公報に記載されたものが知られている。

【0043】以下、その従来のベアリング電流低減装置について図14を参照しながら説明する。図に示すように、従来の回転軸を接地する方式の軸電流低減装置136はアースブラシホルダ137、アースブラシホルダ支え138およびアースブラシ組立体139から構成されている。アースブラシホルダ支え138は、導電材料の板材を略L字状に曲げて作られ、その略L字状の垂直辺の端部は、ベアリングブラケット140とベアリングブラケット140に接合されたシールド玉軸受141より成る軸受装置125のベアリングブラケット140の部分にボルト142を介して取り付けられ、略L字状の水平辺には後述するアースブラシホルダ137が取付けられている。ベアリングブラケット140は誘導機112のフレーム143にボルト144を介して取付けられている。アースブラシホルダ137はホルダシャンク145およびキャップ146より成り、ホルダシャンク145はアースブラシホルダ支え138の水平辺にねじまたは半田付け等で固定され、その内側には後述するアース



ブラシ組立体139の取付け穴147が設けられている。アースブラシ組立体139はアースブラシ148、ばね149、ピグテール150およびピグテール支え151より成っている。従って、アースブラシホルダ137のホルダシャンク145の取付け穴147にアースブラシ組立体139を挿入し、ホルダシャンク145にキャップ146を取付ければ、アースブラシ148は、ばね149を介して回転軸152に押し付けられて接触し、回転子軸152は、常にアースブラシ148、ピグテール150、ピグテール支え151、キャップ146、ホルダシャンク145、アースブラシホルダ支え138、ベアリングブラケット140およびフレーム143を介して接地される。

【0044】

【発明が解決しようとする課題】以上で述べたように、従来のPWMインバータに駆動された誘導機では、インバータ101より誘導機112の巻き線113にR相、S相およびT相のPWMスイッチングパターン三相分を重ね合わせた共通モード電圧が供給される。さらに、巻き線113と固定子120との間の結合容量121、巻き線113と回転子122との間の結合容量123、および、固定子120と回転子122との間のエアギャップ容量によって閉じた回路系126が構成され、閉じた回路系126の結合容量129に印加される共通モード電圧に対する応答電圧として、エアギャップ容量124の両端に軸電圧が発生する。従来の誘導機では、閉じた回路系126の共通モード電圧に対する軸電圧の応答を現す伝達関数 $G(s)$ は2次遅れ要素を含むが、実在する誘導機では、減衰係数 $\zeta$ が1に比較してかなり小さな値となるため、インバータ101から立ち上りの急峻な階段状波形が印加されたとき、2次遅れ要素は不足制動となるため軸電圧は激しく振動し、軸電圧の最大ピーク電圧 $V_{rmsmax}$ が大きくなる。軸電圧が最大ピーク電圧 $V_{rmsmax}$ となる付近で軸受装置が導通すると、軸電圧の放電現象として発生するベアリング電流も大きくなり、軸受の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化を招き、場合によっては軸受装置を損傷または破壊するという問題があった。

【0045】また、このような問題を解決するための従来のベアリング電流低減装置では、アースブラシ148は、ばね149により回転子軸152に押し付けられているので、回転子軸152の表面を摩耗、損傷させないように、カーボンを主成分とした非常に軟質の導電材料で作られているため摩耗が早く、早いものは2~3箇月で、長くて6~7箇月でアースブラシを交換しなければならぬという欠点があった。

【0046】以上述べたように、従来のPWMインバータにより駆動された誘導機では、軸電圧が激しく振動するので、軸電圧の放電電流として発生するベアリング電流も大きくなってしまいう課題があり、ベアリング

電流を低減または消滅させて軸受部の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化、軸受装置の損傷または破壊を防止することが要求されている。

【0047】また、従来のベアリング電流低減装置では、ブラシの摩耗による保守を数箇月毎に行う必要があるという課題があり、長時間使用しても保守する必要なくベアリング電流を低減できる低減方法が要求されている。

【0048】本発明は、このような従来の課題を解決するものであり、ベアリング電流を低減させて軸受部の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化、軸受装置の損傷または破壊を防止することができ、かつ、長時間使用しても保守する必要なくベアリング電流を低減することができる回転機のベアリング電流低減装置を提供することを目的としている。

【0049】

【課題を解決するための手段】本発明の回転機のベアリング電流低減装置は上記目的を達成するために、回転機のベアリング電流を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った1枚以上の回転円環と、回転子軸に対して垂直方向にフレームに取り付けられ回転子軸の半径よりも大きな半径を持つ円板部分を切り取った1枚以上の固定円環とを備え、前記回転円環と前記固定円環とは、静電容量を生ずるよう非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置としたものである。

【0050】本発明によれば、ベアリング電流を低減させて軸受部の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化、軸受装置の損傷または破壊を防止することができ、また、長時間使用しても保守する必要なくベアリング電流を低減することができる回転機のベアリング電流低減装置が得られる。

【0051】また他の手段は、回転機のベアリング電流を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った1枚以上の回転円環と、回転子軸に対して同心円状にフレームに取り付けられ回転子軸の半径よりも大きな半径を持つ円柱部分を切り取った1柱以上の固定中空円柱とを備え、前記回転円環と前記固定中空円柱は、静電容量を生ずるよう非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置としたものである。

【0052】本発明によれば、ベアリング電流を低減させて軸受部の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化、軸受装置の損傷または破壊を防止することができ、また、長時間使用しても保守する必要なくベアリング電流を低減することができる回転機のベアリング電流低減装置が得られる。

【0053】また他の手段は、回転機のベアリング電流



を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った1枚以上の回転円環と、内輪部を回転子軸に取付けた1個以上の軸受装置と、回転子軸に対して垂直方向に前記軸受装置の外輪部に取り付けられ前記軸受装置の外輪部と同じ大きさの円板部分を切り取った前記軸受と同数の固定円環とを備え、前記固定円環は隣接する固定円環間を導線を介して接続し、固定円環の1つは導線を介して回転機フレームに固定し、前記回転円環と前記固定円環は、静電容量を生ずるように非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置としたものである。

【0054】本発明によれば、ベアリング電流を低減させて軸受部の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化、軸受装置の損傷または破壊を防止することができ、また、長時間使用しても保守する必要なくベアリング電流を低減することができる回転機のベアリング電流低減装置が得られる。

【0055】また他の手段は、回転機のベアリング電流を低減するものにおいて、回転子軸に対して垂直方向に回転子軸に取り付けられ回転子軸と同じ大きさの円板部分を切り取った回転支持円環と、回転子軸に対して同心円状に前記回転支持円環に取り付けた半径の異なる1個以上の回転円筒と、回転子軸に対して垂直方向に回転機フレームに取り付けられ回転子軸の半径よりも大きな半径を持つ円板部分を切り取った固定支持円環と、回転子軸に対して同心円状に前記固定支持円環に取り付けた半径の異なる1個以上の固定円筒を備え、前記固定円筒と前記回転円筒間は、静電容量を生ずるように非接触となる位置に交互に配置したことを特徴とする回転機のベアリング電流低減装置としたものである。

【0056】本発明によれば、ベアリング電流を低減させて軸受部の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化、軸受装置の損傷または破壊を防止することができ、また、長時間使用しても保守する必要なくベアリング電流を低減することができる回転機のベアリング電流低減装置が得られる。

【0057】

【発明の実施の形態】本発明は、回転子軸に固定した回転円環をフレームに固定した固定円環と非接触で接近した位置に配置させることにより、回転円環と固定円環との間で静電容量を形成させるか、または、回転子軸に固定した回転円環をフレームに固定した固定中空円柱と非接触で接近した位置に配置させることにより、回転円環と固定中空円柱との間で静電容量を形成させるか、または、回転子軸に固定した回転円環を軸受装置を介して回転子軸に取り付け導線を介してフレームに接続固定した固定円環と非接触で接近した位置に配置させることにより、回転円環と固定円環との間で静電容量を形成させるか、または、回転子軸に固定した回転円筒をフレームに

固定した固定円筒と非接触で接近した位置に配置させることにより、回転円筒と固定円筒との間で静電容量を形成させるようにしたものであって、これによって、誘導機の巻き線と固定子との間の結合容量、巻き線と回転子との間の結合容量および固定子と回転子との間のエアーギャップ容量によって構成される閉じた回路系のコモンモード電圧に対する軸電圧の応答は、2次遅れ要素を有する伝達関数として表現されるが、伝達関数の減衰係数を1に比較して十分大きな値となるように、固定子と回転子との間のエアーギャップ容量を十分大きな値に設定すれば、閉じた回路系の伝達関数の2次遅れ要素を過制動で動作させることができ、軸電圧を振動させずに単調に増加させつつ直流成分に収束させることが可能となる。さらに、固定子と回転子との間のエアーギャップ容量を十分大きな値とすることにより、軸電圧の収束値となる直流成分も減少するので、放電直前の軸電圧を小さく抑えることになり、軸電圧の放電現象として発生するベアリング電流を低減することができるという作用を有する。

【0058】また、回転円板と固定円環、回転円板と固定中空円柱、または、回転円筒と固定円筒とを非接触で配置するようにしたものであり、従来のベアリング電流低減装置のように軟質の導電材料で作られたアースブラシが回転軸に押し付けられて摩耗するような個所がないため、長時間使用しても保守する必要があるという作用を有する。

【0059】以下、本発明の実施例について図面を参照しつつ詳細に説明する。

(実施例1) 図1に示すように、内径 $r_2$ の円板部分を切り取った外径 $r_1$ の回転円環1(2)は、誘導機112の半径 $r_2$ の回転子軸152に対して垂直方向に回転子軸152に取付けられ、回転子軸152の半径 $r_2$ よりも大きな内径 $r_3$ の円板部分を切り取った外径 $r_4$ の固定円環3(4)は、回転子軸152に対して垂直方向に回転円板1(2)から距離 $d$ の間隔を隔てて誘導機112の内径が $r_4$ のフレーム143の内壁に取付けられている。回転円環1, 2、固定円環3, 4は、それぞれ、隣接する固定円環、回転円環との間で静電容量を生ずるように非接触となるように間隔 $d$ を隔てて交互に配置されている。回転子軸152の軸受装置125は、ベアリングブラケット140とこれに接合されたシールド玉軸受141より成り、ベアリングブラケット140はボルト144を介してフレーム143に取り付けられている。

【0060】回転円環1と固定円環3の重なり合う部分の面積 $S1(m^2)$ は(数14)で示す面積となる。

【0061】

【数14】

$$S1 = \pi(r_1^2 - r_3^2)$$

【0062】回転円環1と固定円環3との間の静電容量

をC1とおくと、C1は(数15)に示す値となる。

【0063】

【数15】

$$C1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

【0064】ここで、 $\epsilon_0$ は真空中の誘電率である。同様に、固定円環3と回転円環2との間の静電容量、回転円環2と固定円環4との間の静電容量はC1に等しくなるので、全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量Czは(数16)で示す静電容量となる。

【0065】

【数16】

$$Cz = 3C1$$

【0066】以上の(数14)、(数15)、(数16)から全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量Czは(数17)で示す静電容量となる。

【0067】

【数17】

$$Cz = \frac{3\pi\epsilon_0(r1^2 - r3^2)}{d}$$

20

$$\frac{R1}{2} \sqrt{\frac{(C3 + C20) \cdot (C11 + C21) + C11C21}{L1(C3 + C20 + C21)}} \geq 1$$

【0072】(数19)をC3'について解くと(数20)となる。

【0073】

【数20】

$$C3' \geq \frac{\frac{4L1}{R1^2} - C20 - \frac{C11C21}{C11 + C12}}{\frac{1}{R1^2} - \frac{4L1}{(C11 + C21)}}$$

【0074】回転円環の外径r1、固定円環の内径r3、回転円環と固定円環の間隔d、または、回転円環と固定円環の段数を適当に選んで、全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量Czを十分大きな静電容量に設定して、エアーギャップ容量C3'が(数20)を満足できるようにすれば、減衰係数は1以上となり、閉じた回路系126の伝達関数の2次遅れ要素は過制動となり、軸電圧は振動せずに単調に増加しつつ直流成分Vrs0に収束する。

【0075】さらに、エアーギャップ容量C3'を十分大きな値に設定すると、(数13)で明らかなように、軸電圧の収束値である直流成分Vrs0が小さく抑えられるので、放電直前の軸電圧は常に小さく抑圧され、軸電圧の放電現象として発生するベアリング電流も小さく抑えることができる。

【0076】図2は実施例1のベアリング電流低減装置を備えたインバータ駆動の誘導機におけるコモンモード電圧、軸電圧およびベアリング電流を図示したタイムチャット※50

\*【0068】実施例1の回転子と固定子との間のエアーギャップ容量C3'は、全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量Czと、誘導機112の固定子120と回転子122との間のみで形成されるエアーギャップ容量C3とを合成した静電容量となる。ゆえに、実施例1のエアーギャップ容量C3'は(数18)で示す静電容量となる。

【0069】

【数18】

$$C3' = C3 + Cz$$

【0070】実施例1のエアーギャップ容量を(数18)で示すC3'に設定した場合において、軸電圧が非振動となるための条件は、従来例で述べたように(数4)および(数11)より(数19)となる。

【0071】

【数19】

※チャートである。図2では、全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量をCz=480pFに設定した場合について説明している。

【0077】図2の(a)で示すような階段状波形がコモンモード電圧として誘導機に印加されると、実施例1では、軸電圧が非振動となる条件である(数20)を満足する十分大きなエアーギャップ容量C3'が設定されているので、軸電圧は、図2の(b)で示すような非振動で直流成分Vrs0に収束するような波形が得られる。エアーギャップ容量C3'が十分大きいと、従来例で述べた(数13)で明らかなように、軸電圧の収束値である直流成分Vrs0は小さく抑えられる。軸電圧が、このような低レベルの直流成分Vrs0(測定結果からVrs0=5V)で落ち着いている時、軸受がたまたま導通すると、図2の(c)に示すようなベアリング電流が流れるが、放電直前の軸電圧が小さいので振幅の小さなベアリング電流(測定結果からベアリング電流の最大波高値はIbmax=60mA)しか流れない。

【0078】図3は、ベアリング電流低減装置を備えたインバータ駆動の誘導機における合成静電容量Czとベアリング電流の最大波高値Ibmaxとの関係を図示したグラフである。図3のグラフは、実施例1のベアリング電流低減装置を備えた誘導機において、全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量を適当なCzに設定したとき、軸受に流れるベアリング電流を観測し、ベアリング電流の最大波高値Ibmaxを測定し

て、これらの関係を図示したものである。図3から明らかなように、ベアリング電流低減装置が無い場合、最大波高値が530mA程度のベアリング電流が発生するが、回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量を $C_z = 480 \text{ pF}$ に設定したベアリング電流低減装置を備えた誘導機において、ベアリング電流の最大波高値はその約十分の一程度に抑圧されており( $I_{b \max} = 60 \text{ mA}$ )効果的にベアリング電流が低減されていることがわかる。

【0079】(実施例2)図4に示すように、内径 $r_2$ の円板部分を切り取った外径 $r_1$ の回転円環1(2)は、誘導機112の半径 $r_2$ の回転子軸152に対して垂直方向に回転子軸152に取付けられ、回転子軸152の半径 $r_2$ よりも大きな内径 $r_3$ の円柱部分を取り去った外径 $r_4$ の固定中空円柱5(6)は、回転子軸152に対して同心円状に回転円環1(2)から距離 $d$ の間隔を隔てて誘導機112の内径が $r_4$ のフレーム143の内壁に取付けられている。回転円環1、2、固定中空円柱5、6は、それぞれ、隣接する固定中空円柱、回転円環との間で静電容量を生ずるように非接触となるように間隔 $d$ を隔てて交互に配置されている。回転子軸152の軸受装置125は、ベアリングブラケット140とこれに接合されたシールド玉軸受141より成り、ベアリングブラケット140はボルト144を介してフレーム143に取り付けられている。

【0080】回転円環1と固定中空円柱5の重なり合う部分の面積 $S_2 \text{ (m}^2\text{)}$ は(数21)で示す面積となる。

【0081】

【数21】

$$S_2 = \pi(r_1^2 - r_3^2)$$

【0082】回転円環1と固定中空円柱5との間の静電容量を $C_2$ とおくと、 $C_2$ は(数22)に示す値となる。

【0083】

【数22】

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S_2}{d}$$

【0084】ここで、 $\epsilon_0$ は真空中の誘電率である。同様に、固定中空円柱5と回転円環2との間の静電容量、回転円環2と固定中空円柱6との間の静電容量は $C_2$ に等しくなるので、全ての回転円環と固定中空円柱との間で形成される合成静電容量 $C_z$ は(数23)で示す静電容量となる。

【0085】

【数23】

$$C_z = 3C_2$$

【0086】以上の(数21)、(数22)、(数23)から全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量 $C_z$ は(数24)で示す静電容量となる。

【0087】

【数24】

$$C_z = \frac{3\pi\epsilon_0(r_1^2 - r_3^2)}{d}$$

【0088】実施例2において、回転円環の外径 $r_1$ 、固定中空円柱の内径 $r_3$ 、回転円環と固定中空円柱との間隔 $d$ 、または、回転円環と固定中空円柱の段数を適宜に設定して、全ての回転円環と固定中空円柱との間で形成される合成静電容量 $C_z$ を十分大きな静電容量に設定して、固定子と回転子との間のエアギャップ容量 $C_{3'}$ を(数20)を満足する範囲に設定すれば、実施例1と同様の理由により、ベアリング電流を低減することができる。以降、ベアリング電流を低減できる説明は実施例1と同様の説明となるので省略する。

【0089】(実施例3)図5に示すように、内径 $r_2$ の円板部分を切り取った外径 $r_1$ の回転円環1(2)は、誘導機112の半径 $r_2$ の回転子軸152に対して垂直方向に回転子軸152に取付けられ、軸受装置7(11)の内輪部8(12)は、半径 $r_2$ の回転子軸152に取付けられ、半径 $r_3$ の円板部分を切り取った半径 $r_4$ の固定円環9(13)は、回転子軸152に対して垂直方向に回転円環1(2)と距離 $d$ の間隔を隔てた位置に軸受装置7(11)の外周面の半径が $r_3$ の外輪部10(14)の外周面に取付けられている。回転円環1、2、固定円環9、13は、それぞれ、隣接する固定円環、回転円環との間で静電容量を生ずるように非接触となるように間隔 $d$ を隔てて交互に配置されている。固定円環9と固定円環13は導線15を介して接続され、固定円環13は導線16を介して誘導機112のフレーム143の内壁に接続固定されている。回転子軸152の軸受装置125は、ベアリングブラケット140とこれに接合されたシールド玉軸受141より成り、ベアリングブラケット140はボルト144を介してフレーム143に取り付けられている。

【0090】回転円環1と固定円環9の重なり合う部分の面積 $S_3 \text{ (m}^2\text{)}$ は(数25)で示す面積となる。

【0091】

【数25】

$$S_3 = \pi(r_1^2 - r_3^2)$$

【0092】回転円環1と固定円環9との間の静電容量を $C_3$ とおくと、 $C_3$ は(数26)に示す値となる。

【0093】

【数26】

$$C_3 = \frac{\epsilon_0 S_3}{d}$$

【0094】ここで、 $\epsilon_0$ は真空中の誘電率である。同様に、固定円環9と回転円環2との間の静電容量、回転円環2と固定円環13との間の静電容量は $C_3$ に等しくなるので、全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量 $C_z$ は(数27)で示す静電容量となる。

る。

【0095】

【数27】

$$C_z = 3C_3$$

【0096】以上の(数25)、(数26)、(数27)から全ての回転円環と固定円環との間で形成される合成静電容量 $C_z$ は(数28)で示す静電容量となる。

【0097】

【数28】

$$C_z = \frac{3\pi\epsilon_0(r_1^2 - r_3^2)}{d}$$

【0098】実施例3において、回転円環の外径 $r_1$ 、固定円環の内径 $r_3$ 、回転円環と固定円環との間隔 $d$ 、または、回転円環と固定中空円柱の段数を適当に設定して、全ての回転円環と固定中空円柱との間で形成される合成静電容量 $C_z$ を十分大きな静電容量に設定して、固定子と回転子との間のエアギャップ容量 $C_3'$ を(数20)を満足する範囲に設定すれば、実施例1と同様の理由により、ベアリング電流を低減することができる。以降、ベアリング電流を低減できる説明は実施例1と同様の説明となるので省略する。

【0099】(実施例4)図6に示すように、半径 $r_1$ の円板部分を切り取った半径 $r_1$ の回転支持円環17は、誘導機112の回転子軸152に対して垂直方向に回転子軸152に取付けられ、半径 $r_2$ の外壁、半径 $r_3$ の内壁を持つ回転円筒18、および、半径 $r_4$ の外壁、半径 $r_5$ の内壁を持つ回転円筒19は、回転子軸152に対して同心円状に回転支持円環17に取付けられている。同様に、半径 $r_6$ の円板部分を切り取った半径 $r_7$ の固定支持円環20は、誘導機112の回転子軸152に対して垂直方向にフレーム143の内壁に取付けられ、半径 $r_8$ の外壁および半径 $r_9$ の内壁を持つ固定円筒21、および、半径 $r_{10}$ の外壁および半径 $r_6$ の内壁を持つ回転円筒22は、回転子軸152に対して同心円状に固定支持円環20に取付けられている。回転円環18、19、固定円筒21、22は、それぞれ、隣接する固定円環、回転円筒との間で静電容量を形成するよ\*

$$C_z = 2\pi\epsilon_0 L \left[ \frac{1}{\ln(r_3/r_8)} + \frac{1}{\ln(r_9/r_4)} + \frac{1}{\ln(r_5/r_{10})} \right]$$

【0110】実施例4において、回転円筒と固定円筒の内壁の半径 $r_3$ 、 $r_9$ 、 $r_5$ 、外壁の半径 $r_8$ 、 $r_4$ 、 $r_{10}$ 、回転円筒18、19と固定円筒21、22の軸方向に重なり合う部分の長さ $L$ 、または、回転円筒と固定円筒の段数を適当に選んで、全ての回転円筒と固定円筒との間で形成される合成静電容量 $C_z$ を十分大きな静電容量に設定して、固定子と回転子との間のエアギャップ容量 $C_3'$ を(数20)を満足する範囲に設定すれば、実施例1と同様の理由により、ベアリング電流を低減することができる。以降、ベアリング電流を低減でき※50

\*うに非接触となる位置に交互に配置されている。回転子軸152の軸受装置125は、ベアリングブラケット140とこれに接合されたシールド玉軸受141より成り、ベアリングブラケット140はボルト144を介してフレーム143に取り付けられている。

【0100】回転円筒18(19)と固定円筒21(22)の軸方向に重なり合う部分の長さ $L$ とすると、回転円筒18と固定円筒21との間で形成される静電容量 $C_{41}$ は(数29)となる。

10 【0101】

【数29】

$$C_{41} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(r_3/r_8)}$$

【0102】固定円筒21と回転円筒19との間で形成される静電容量 $C_{42}$ は(数30)となる。

【0103】

【数30】

$$C_{42} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(r_9/r_4)}$$

20 【0104】回転円筒19と固定円筒22との間で形成される静電容量 $C_{43}$ は(数31)となる。

【0105】

【数31】

$$C_{43} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(r_5/r_{10})}$$

【0106】全ての回転円筒と固定円筒との間で形成される合成静電容量 $C_z$ は(数32)で示す静電容量となる。

【0107】

30 【数32】

$$C_z = C_{41} + C_{42} + C_{43}$$

【0108】全ての回転円筒と固定円筒との間で形成される合成静電容量 $C_z$ は(数29)、(数30)、(数31)、(数32)より(数33)で示す静電容量となる。

【0109】

【数33】

※る説明は実施例1と同様の説明となるので省略する。

【0111】

【発明の効果】以上の実施例から明らかなように、本発明によれば、実施例1の回転子軸に取り付けられた回転円環とフレームに取り付けられた固定円環、実施例2の回転子軸に取り付けられた回転円環とフレームに取り付けられた固定中空円柱、実施例3の回転子軸に取り付けられた回転円環と軸受装置を介して回転子軸に取り付けられたフレームに接続固定された固定円環、または、実施例4の回転子軸に取り付けた回転円筒とフレームに取り付

けた固定円筒を非接触で接近させて静電容量を形成し、固定子と回転子との間のエアギャップ容量を大きく設定することによって、インバータより誘導機に印加される立ち上がりの急峻なコモンモード電圧の応答電圧として発生する軸電圧を非振動で動作させ、この時同時に、軸電圧の収束値となる直流成分も小さくなるので、放電直前の軸電圧を著しく小さく抑えることができ、軸電圧の放電現象として発生するベアリング電流を低減することができ、軸受部の摩耗、回転軸の損傷、潤滑油の風化、軸受装置の損傷または破壊を防止することができ、この効果のある回転機のベアリング電流低減装置を提供できる。

【0112】また、本発明によれば、実施例1の回転子軸に取り付けた回転円環とフレームに取り付けた固定円環、実施例2の回転子軸に取り付けた回転円環とフレームに取り付けた固定中空円柱、実施例3の回転子軸に取り付けた回転円環とフレームに取り付けた固定円環、または、実施例4の回転子軸に取り付けた回転円筒とフレームに取り付けた固定円筒を非接触で接近させるだけでベアリング電流の低減が可能となるので、従来のベアリング電流低減装置のように軟質の導電材料を回転軸に押し付けているため、数ヶ月でブラシ交換を必要とするような保守の必要なくベアリング電流を低減することができるという効果のある回転機のベアリング電流低減装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の回転機のベアリング電流低減装置の側面図

【図2】同ベアリング電流低減装置を備えたインバータ駆動の誘導機におけるコモンモード電圧、軸電圧およびベアリング電流を図示したタイムチャート

【図3】同ベアリング電流低減装置を備えたインバータ駆動の誘導機における合成静電容量 $C_z$ とベアリング電流の最大波高値 $I_{bmax}$ との関係を図示したグラフ

【図4】同実施例2の回転機のベアリング電流低減装置の側面図

【図5】同実施例3の回転機のベアリング電流低減装置の側面図

【図6】同実施例4の回転機のベアリング電流低減装置の側面図

【図7】従来のPWMインバータに駆動された誘導機の原理的回路図

【図8】同PWMインバータに駆動された誘導機の各部の波形を説明する説明図

【図9】同インバータ駆動された誘導機のコモンモード等価回路図

【図10】同インバータ駆動された誘導機の簡略化コモンモード等価回路図

【図11】同インバータ駆動された誘導機において、コンピュータシミュレーションを使って計算させた軸電圧の波形と、実際に測定した軸電圧の波形を比較したタイムチャート

【図12】同インバータ駆動された誘導機において、減衰係数 $\alpha$ の値の選び方によって変化する軸電圧の波形を説明した説明図

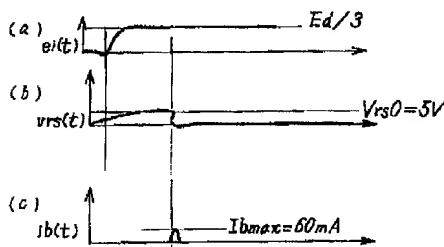
【図13】同インバータ駆動された誘導機について、最も大きなベアリング電流が発生する瞬間におけるコモンモード電圧、軸電圧およびベアリング電流を説明した説明図

【図14】同ベアリング電流低減装置の側面図

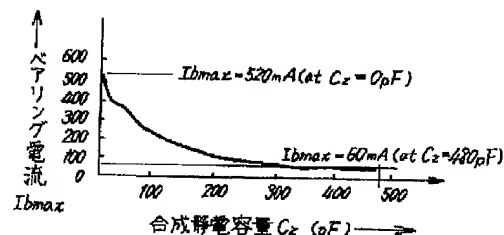
【符号の説明】

- 1 回転円環
- 2 回転円環
- 3 固定円環
- 4 固定円環
- 5 固定中空円柱
- 6 固定中空円柱
- 7 軸受装置
- 8 内輪部
- 9 固定円環
- 10 外輪部
- 11 軸受装置
- 12 内輪部
- 13 固定円環
- 14 外輪部

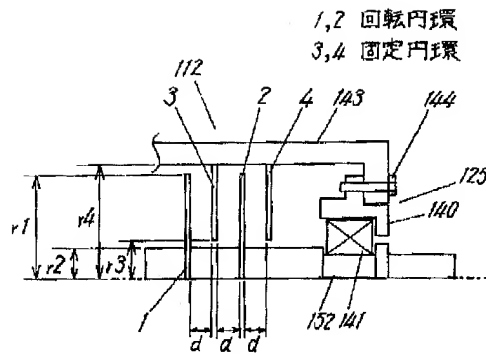
【図2】



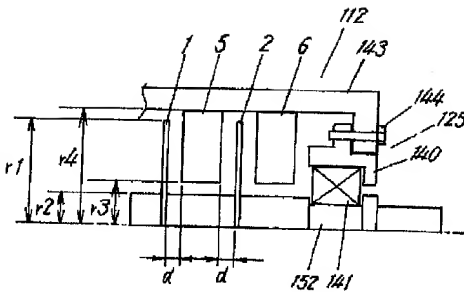
【図3】



【図1】

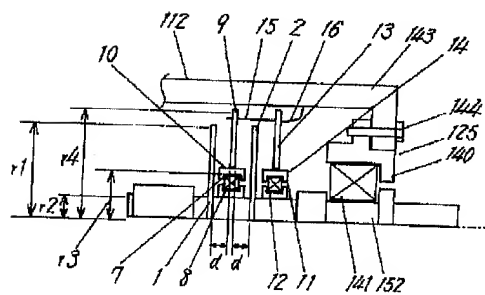


【図4】

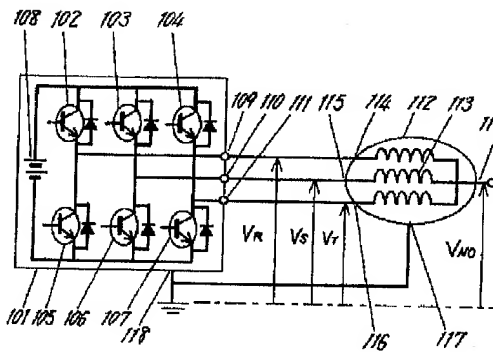


【図5】

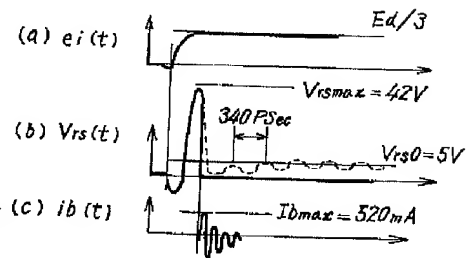
1,2 回転円環  
7,11 軸受装置  
8,12 内輪部  
9,13 固定円環  
10,14 外輪部



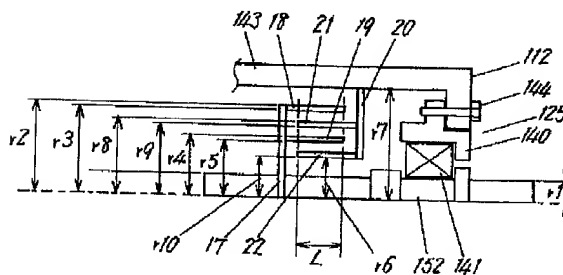
【図6】



【図13】

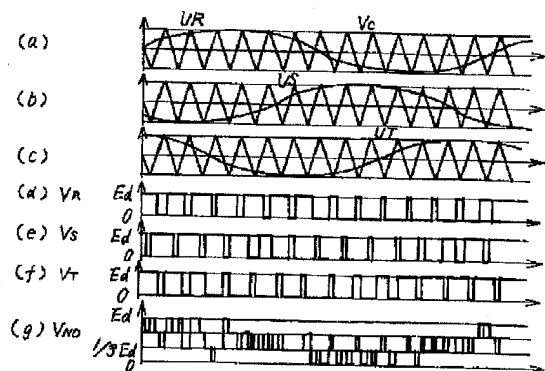


17 回転指示円環  
18,19 回転円筒  
20 固定指示円環  
21,22 固定円筒

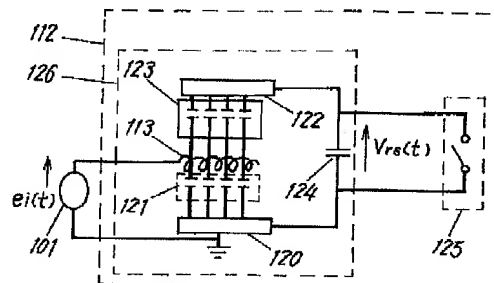




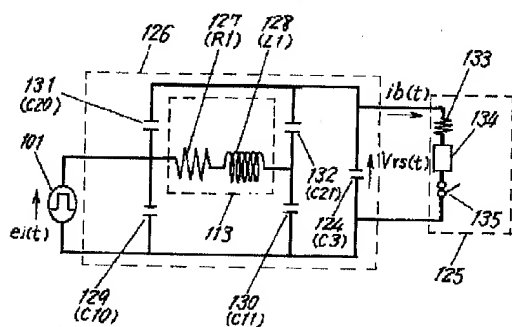
【図8】



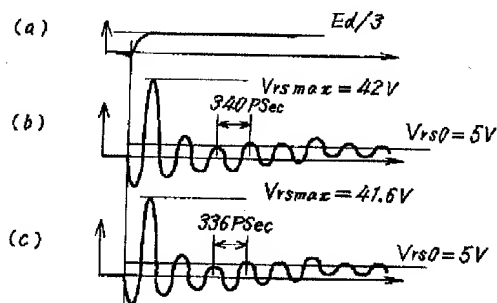
【図9】



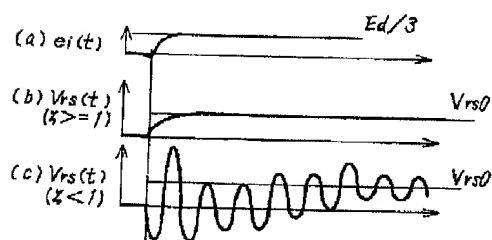
【図10】



【図11】



【図12】



【図14】

